



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ Patentschrift
⑯ DE 101 45 389 C 2

⑯ Int. Cl.⁷:
C 22 C 13/02
F 16 C 33/12

DE 101 45 389 C 2

⑯ Aktenzeichen: 101 45 389.2-24
⑯ Anmeldetag: 14. 9. 2001
⑯ Offenlegungstag: 10. 4. 2003
⑯ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 24. 7. 2003

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:
Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V., 60528
Frankfurt, DE

⑯ Vertreter:
Metz, S., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 52159 Roetgen

⑯ Erfinder:
Beiss, Paul, Prof. Dr.-Ing., 52224 Stolberg, DE; Akin,
Okan, Dr.-Ing., Maastrich, NL; Sell, Andreas,
Dipl.-Ing., 52146 Würselen, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 44 40 477 C1
DE 28 18 099 C2
DE 43 28 921 A1
GB 6 97 624 A
Firmenprospekt T.H. Goldschmidt AG "Gleitlager-
technik" 1992;

⑯ Gleitlagerlegierung auf Sn-Basis
⑯ Gleitlagerlegierung auf Sn-Basis mit 6–15 Gew.-% Sb,
3–10 Gew.-% Cu, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich
0,1–18 Gew.-% Bi und/oder mehr als 0,3 und bis zu
6 Gew.-% In und Rest Sn mit üblichen Verunreinigungen
enthalten sind.

DE 101 45 389 C 2

DE 101 45 389 C 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Gleitlagerlegierung auf Zinn(Sn)-Basis mit 6–15 Gew.-% Antimon(Sb) und 3–10 Gew.-% Kupfer(Cu).

5 [0002] Solche als Weißmetalle bezeichneten Legierungen sind als Gleitlagerwerkstoffe in der internationalen Norm DIN ISO 438 aufgeführt. Sie werden insbesondere für Gleitlager im Großmaschinenbau, für elektrische Motoren und Generatoren, Turbinen, Kompressoren, Verdichter und Getriebe eingesetzt.

[0003] An Gleitlagerwerkstoffe werden hohe Anforderungen gestellt. Dazu gehören ein hoher Verschleißwiderstand, hohe statische und dynamische mechanische Belastungsgrenzen, Anpassungsfähigkeit an Bearbeitungsgenauigkeiten

10 der zu lagernden Wellen oder Achsen, Einbettfähigkeit von Fremdpartikeln, gutes Einlauf- und Notlaufverhalten, wobei auch die Werkstoffpaarung der aufeinander gleitenden Lager- und Wellenoberflächen zu berücksichtigen ist. Auch wird Korrosionsbeständigkeit und eine ausreichende Schmierstoffbenetzbarekeit gefordert.

15 [0004] Bekannte Sn-Gleitlager mit Legierungsbestandteilen Sb und Cu in den oben genannten Gew.-%-Grenzen sind beispielsweise Gleitlagerwerkstoffe, die unter den Werkstoffbezeichnungen LgSn80 und TEGO V 738 bekannt sind, siehe z. B. TH. Goldschmidt AG, "Gleitlagertechnik", 1992, sowie Sn/Sb/Cu-Legierungen, wie sie in DE-PS-28 18 099 und DE-PS-44 40 477 beschrieben sind. Bekannt ist aus GB-PS-679624 auch eine Sn-Legierung für Zapfenlager mit Sb und Cu und geringen Zusätzen von Indium(In).

20 [0005] Konstruktiv konnte durch Leistungssteigerung und Kompaktbauweise die Belastbarkeit der bisher üblichen Lagermetalle auf Sn-Basis ausgereizt werden. Dabei sind als weitere zusätzliche Legierungselemente auch giftige Stoffe wie Cadmium(Cd) und Arsen(As) eingesetzt worden, vgl. TEGOV 738 und DE-PS-28 18 099. Aus ökologischen Gründen werden ohne derartig umweltbelastende Legierungselemente als Zusatzstoffe Silber (Ag) und Zink(Zn) verwendet, vgl. DE-PS-44 40 477.

25 [0006] Aufgabe der Erfindung ist es, die Belastbarkeitsgrenze von ökologischen Weißmetall-Legierungen noch weiter zu steigern. Darüber hinaus soll die Adhäsionsneigung zum Stahl, aus dem Wellen oder Achsen bestehen, minimiert und die Einlauf- und insbesondere die Notlaufeigenschaften bei Gleitlagern verbessert werden. Damit verbunden ist das Ziel einer Verminderung von Reibung bzw. Verschleiß.

[0007] Diese Aufgabe wird bei einer Sn/Sb/Cu-Gleitlagerlegierung der oben angegebenen Art durch die in Patentanspruch 1 aufgeführten Legierungsbestandteile gelöst. Durch Zugabe von Wismut(Bi) im Bereich von 0,1–18 Gew.-% und/oder Indium(In) im Bereich von mehr als 0,3 bis zu 6 Gew.-% wird eine hohe Verfestigung des Weißmetalls auch bei hoher Sättigung der Sn-Matrix mit Legierungselementen erreicht. Bi und/oder In wurden bisher wegen der bei ihrer Zugabe zu Sn/Sb/Cu-Legierungen zu erwartenden Schmelzpunktterniedrigung nur in beschränkter Menge eingesetzt. So gibt DIN ISO 438 für Bi einen maximalen Gehalt von 0,1 Gew.-% an. Einen höheren Bi-Gehalt von bis zu 3 Gew.-% weist eine in DE-OS-43 28 921 beschriebene Aluminium(Al)-Lagerdeckschicht auf, die als oberste Schicht eines dreischichtigen Gleitlagers mit einer Stahlstützschicht und einer darüber angeordneten Lagerlegierungsschicht durch Aufspritzen oder Aufsprühen auf die Lagerlegierungsschicht aufgebracht ist. Bi in der Lagerdeckschicht soll die Schmiereigenschaften des Gleitlagers verbessern, wobei darauf hingewiesen wird, daß sich bei erhöhtem Bi-Gehalt die Ermüdungsbeständigkeit verringert.

30 [0008] Für die erfindungsgemäße Sn/Sb/Cu-Gleitlagerlegierung wird bevorzugt Bi als Legierungskomponente eingesetzt. Das alternativ oder additiv vorgesehene In kommt aus wirtschaftlichen Gründen wegen seines Materialpreises nur in Sonderfällen in Betracht. Die angegebenen Grenzen für die Anteile von Bi und/oder In ergeben sich einerseits aus ihrem Löslichkeitsbereich in der Sn/Sb/Cu-Matrix, andererseits durch Festlegen des maximalen Gehalts an Bi und/oder In so, daß der sich ergebende Schmelzpunkt der erhaltenen Legierung die eutektische Schmelztemperatur des Mischkristallsystems nicht erreicht. Es kommt somit neben der Löslichkeit der Legierungselemente insbesondere darauf an, den Schmelzpunkt der eingesetzten Legierung oberhalb der Schmelztemperatur im Eutektikum zu halten.

35 [0009] Die Legierungselemente Bi und/oder In minimieren bei Sn/Sb/Cu-Gleitlagern die Adhäsionsneigung insbesondere bei der Lagerung von Wellen oder Achsen aus Stahl. Dabei wird für die Auswahl geeigneter Legierungselemente vom Kompatibilitätskriterium bezüglich der Atomradien der Legierungselemente zum Atomradius von Eisen ausgegangen: die Atomradien der einzusetzenden Legierungselemente $r_{\text{Al},\text{Sb}}$ müssen größer sein als der Atomradius von Eisen r_{Fe} = 1,26 Å. Werden die Legierungselemente für den Gleitlagerwerkstoff entsprechend dieser Bedingung bestimmt, ergibt sich für den Gleitlagerwerkstoff eine erhöhte Verschleißfestigkeit. Eine weitere Verbesserung der Festigkeitswerte wird bei der erfindungsgemäßen Sn/Sb/Cu-Gleitlagerlegierung mit Bi und/oder In durch Zugabe von 0,05–0,5 Gew.-% Mg, Li und/oder Au erreicht, Patentanspruch 2.

40 [0010] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist es nach Patentanspruch 3 vorgesehen, der Gleitlagerlegierung zusätzlich 0,05 bis 1 Gew.-% Se, Ce und/oder Te zuzugeben, um die Gefügeausbildung durch körnige und feinkristalline Legierungselemente zu optimieren.

[0011] Eine Feinabstimmung der Mischkristallverfestigung und nuancierte Einstellung der Festigkeitswerte unter Berücksichtigung der eingangs angegebenen Anforderungen an die Gleitlagerwerkstoffe wird durch Zulegieren von 0,05 bis 1 Gew.-% Cr und/oder 0,1–0,5 Gew.-% Ag und/oder von 0,5–1 Gew.-% Zn erzielt, Patentanspruch 4.

45 [0012] Nach Patentansprüchen 5 und 6 ergeben sich optimale Belastbarkeitsgrenzen im Bi-Bereich von 0,5–3,5 Gew.-% Bi sowie bei 1,8 Gew.-% Bi. Für In liegt der bevorzugte Gehalt bei 0,1 bis 5,5 Gew.-%, Patentanspruch 7.

50 [0013] Auch sind Beimengen von Pb, Cd und As möglich, soweit sie unterhalb vorgegebener ökologischer Maximalwerte bleiben, Patentanspruch 8, damit die gegebene Umweltverträglichkeit der erfindungsgemäßen Sn/Sb/Cu-Gleitlagerlegierung nicht beeinträchtigt wird.

55 [0014] Die Erfindung und weitere Ausgestaltungen der Erfindung werden nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher beschrieben.

60 [0015] Der Beschreibung sind drei Tabellen beigefügt:

[0016] Tabelle 1 Atomradius von Legierungselementen im Vergleich zu Fe sowie Konzentrationsbereich in Sn,

[0017] Tabelle 2 Ausführungsbeispiele für Sn/Sb/Cu-Legierungen.

DE 101 45 389 C 2

[0018] Tabelle 3 0,2%-Stauchgrenze von Sn/Sb/Cu-Gleitlagerlegierungen bei Raumtemperatur.

[0019] Tabelle 1 gibt den Atomradius einiger Legierungselemente und den Atomradius von Fe an. Es ist ersichtlich, daß die Atomradien von Bi und In etwa 1,3fach größer sind als der Atomradius von Fe. In Tabelle 1 ist daneben auch der Gittertyp und der Schmelzpunkt des reinen Legierungselementes aufgeführt sowie die Löslichkeit des Legierungselementes in Gew.-% in Sn angegeben. Angegeben ist darüber hinaus der Konzentrationsbereich in Gew.-%, der für die Zugabe eines Legierungselementes im Mehrstoffsystem Sn/Sb/Cu bevorzugt ist. Der Konzentrationsbereich liegt jeweils innerhalb des Löslichkeitsbereichs eines Legierungselementes in Sn, wobei davon auszugehen ist, daß sich die Löslichkeitsgrenze im Mehrstoffsystem Sn/Sb/Cu nicht wesentlich verschiebt, da die Legierungselemente in sehr geringen Mengen zulegiert werden. In Tabelle 1 wird auch darauf hingewiesen, welchen Einfluß jedes Legierungselement bei seiner Zugabe innerhalb des vorgegebenen Konzentrationsbereiches auf die Sn/Sb/Cu-Gleitlagerlegierung im wesentlichen ausübt: Die in Tabelle 1 am Legierungselement jeweils vermerkten Ziffern bedeuten:

- 1) Einfluß auf Verbesserung der Mischkristallbildung,
- 2) Ausbildung kubischer Ausscheidungen, die zu einer Erhöhung der Verschleißfestigkeit und Verbesserung der Gleiteigenschaften führen,
- 3) Beeinflussung der Festigkeitseigenschaften durch nadelige Ausscheidungen,
- 4) Förderung der Keimbildung und Kristallfeinung.

[0020] Innerhalb des in Tabelle 1 angegebenen Konzentrationsbereiches lassen sich die Legierungselemente variieren, wobei der vom eingesetzten Legierungselement gewünschte Einfluß auf die Gleitlagerlegierung mit erhöhtem Legierungszusatz jeweils verstärkt wird.

[0021] Beispiele für erfundungsgemäße Sn/Sb/Cu-Gleitlagerlegierungen mit Bi und/oder In sind in Tabelle 2 aufgeführt.

[0022] Die durch Bi als Legierungselement erhaltene Festigkeitssteigerung gegenüber bekannten Legierungen wie TEGO V738 und einer Legierung TEGOSTAR, deren Zusammensetzung der aus DE-PS 44 40 477 bekannten Legierung entspricht, ist aus Tabelle 3 ersichtlich. Mit einer Legierung mit Sn 80,6 Gew.-%, Sb 11,8 Gew.-%, Cu 5,8 Gew.-% und Bi 1,8 Gew.-%, siehe Tabelle 2 Legierung G, wird bei Raumtemperatur gegenüber TEGO V738 eine über 20%ige, gegenüber TEGOSTAR noch eine ca. 9%ige Festigkeitssteigerung erreicht. Legierungen mit geringeren Bi-Gehalten, so Legierungen C und E nach Fig. 2 mit 0,9 Gew.-% Bi und 1,4 Gew.-% Bi wiesen bei Raumtemperatur 0,2% Stauchgrenzen von 80 und 87 N/mm² auf. Insbesondere bei geringeren Bi-Gehalten ist es zur Festigkeitssteigerung zweckmäßig, kornfeinende und keimbildende Legierungselemente sowie Legierungselemente zur Feinabstimmung der Mischkristallverfestigung hinzu zu legieren, siehe Legierungen A und B in Tabelle 2. Cr und Ag zur Mischkristallverfestigung sind nach den Ausführungsbeispielen auch bei höherem Bi-Gehalt einzusetzen, siehe Legierung K in Tabelle 2.

[0023] Wesentliche Vorteile für den Einsatz von Bi sind auch die folgenden:

Bi neigt, wie Abbranduntersuchungen gezeigt haben, erheblich geringer als zum Beispiel das bei TEGO V738 verwendete Cadmium zum Verdampfen bzw. zur Bildung von Oxiden. Beim Gießen von Gleitlagerelementen muss Bi deshalb der Schmelze nicht nachgelegt werden, die Zusammensetzung der Schmelze bleibt über längere Zeiten stabil (Verlängerung der Standzeit der Schmelze).

[0024] Die Bereichsgrenzen für Bi von 0,1 Gew.-% bis 18 Gew.-% und/oder In bis zur oberen Grenze von 6,0 Gew.-% ergeben sich aus den Löslichkeitsgrenzen für Bi und In im Dreistoffsystem Sn/Sb/Cu. Innerhalb dieses Bereichs nimmt mit zunehmendem Bi-Gehalt die Schmelztemperatur der Legierung von ca. 240°C bis auf 170°C (Schmelztemperatur Eutektikum) ab.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

DE 101 45 389 C 2

Tabelle 1

| Element | Gittertyp | Schmelzpunkt °C | Atomradius Å | Löslichkeit von Metall in Sn Gew.-% | Bewor zugter Konzentra- tionsbereich in Gew.-% | |
|------------------|-----------|--------------------|-----------------|--|---|-----|
| | | | | | von | bis |
| Ag ¹⁾ | Kfz | 960 | 1,44 | <0,1% | 0,1 | 0,5 |
| Au | Kfz | 1063 | 1,46 | 0,3% | 0,05 | 0,5 |
| Bi ¹⁾ | Rhomb. | 271 | 1,70 | ca. 21% | 0,5 | 3,5 |
| Ce ⁴⁾ | Kfz | 798 | 1,81 | - | 0,05 | 1 |
| Cr ¹⁾ | Krz | 1875 | 1,30 | äußerst gering | 0,05 | 1 |
| Cu ²⁾ | Kfz | 1083 | 1,28 | 0,2% | 3 | 10 |
| In ¹⁾ | Tetr. | 156 | 1,66 | ca. 6% | 0,1 | 5,5 |
| Li | Krz | 180 | 1,55 | - | 0,05 | 0,5 |
| Mg | Hex | 650 | 1,60 | - | 0,05 | 0,5 |
| Sb ²⁾ | Rhomb. | 630 | 1,59 | ca. 10% | 6 | 15 |
| Se ⁴⁾ | Hex | 221 | 1,40 | - | 0,05 | 1 |
| Sn | Tetr | 232 | 1,62 | - | Rest | |
| Te ⁴⁾ | Hex | 449 | 1,49 | äußerst gering | 0,05 | 1 |
| Zn ¹⁾ | Hex | 419 | 1,53 | - | 0,5 | 1 |
| Fe | Krz | 1536 | 1,26 | <0,1% | | |

55

60

65

DE 101 45 389 C 2

Tabelle 2

| Legierung | Gewichtsprozent Gew% | | | | | | | |
|-------------|----------------------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|----|
| | Sn 81,1 | Sb 12,0 | Cu 6,0 | Bi 0,5 | Mg 0,3 | Cr 0,05 | Li 0,05 | |
| Legierung A | Sn 81,1 | Sb 12,0 | Cu 6,0 | Bi 0,5 | Mg 0,3 | Cr 0,05 | Li 0,05 | |
| Legierung B | Sn 80,0 | Sb 12,0 | Cu 6 | Bi 0,5 | Se 1,0 | Te 0,4 | Ag 0,1 | 5 |
| Legierung C | Sn 80,5 | Sb 12,6 | Cu 6,0 | Bi 0,9 | - | - | - | 10 |
| Legierung D | Sn 80,0 | Sb 12,0 | Cu 6,0 | Bi 1,0 | In 1,0 | - | - | 15 |
| Legierung E | Sn 80,4 | Sb 12,1 | Cu 6,1 | Bi 1,4 | - | - | - | 20 |
| Legierung F | Sn 80,0 | Sb 11,5 | Cu 5,5 | Bi 1,5 | Te 1,0 | Mg 0,5 | - | 25 |
| Legierung G | Sn 80,6 | Sb 11,8 | Cu 5,8 | Bi 1,8 | - | - | - | 30 |
| Legierung H | Sn 79,0 | Sb 12,0 | Cu 6,0 | Bi 3,0 | - | - | - | 35 |
| Legierung I | Sn 78,0 | Sb 11,5 | Cu 5,5 | Bi 5,0 | - | - | - | 40 |
| Legierung J | Sn 68,0 | Sb 6,0 | Cu 15,0 | Bi 5,0 | In 6,0 | - | - | 45 |
| Legierung K | Sn 78,4 | Sb 8,0 | Cu 3,0 | Bi 10,0 | Cr 0,1 | Ag 0,5 | - | 50 |

Tabelle 3

| LEGIERUNG | 0,2% STAUCHGRENZE N/mm ² |
|-----------------------------|--|
| TEGO V 738 | 80 |
| TEGOSTAR | 90 |
| Legierung G mit 1,8 Gew% Bi | 98 |
| Legierung E mit 1,4 Gew% Bi | 87 |
| Legierung C mit 0,9 Gew% Bi | 80 |

Patentansprüche

1. Gleitlagerlegierung auf Sn-Basis mit 6–15 Gew.-% Sb, 3–10 Gew.-% Cu, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich 0,1–18 Gew.-% Bi und/oder mehr als 0,3 und bis zu 6 Gew.-% In und Rest Sn mit üblichen Verunreinigungen enthalten sind.
2. Gleitlagerlegierung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß 0,05–0,5 Gew.-% Mg, Li und/oder Au zugegeben sind.
3. Gleitlagerlegierung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sie 0,05 bis 1 Gew.-% Se, Ce und/oder Te enthält.
4. Gleitlagerlegierung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß 0,05 bis 1 Gew.-% Cr und/oder

DE 101 45 389 C 2

0,1–0,5 Gew.-% Ag und/oder 0,5–1 Gew.-% Zn zugegeben sind.

5 5. Gleitlagerlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sie 0,5–3,5 Gew.-% Bi aufweist.

6. Gleitlagerlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß sie 1,8 Gew.-% Bi enthält.

7. Gleitlagerlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß sie 0,5 bis 5,5 Gew.-% In enthält.

8. Gleitlagerlegierung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß Pb, Cd und As in Beimengen unterhalb vorgegebener ökologischer Maximalwerte enthalten sind.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65